

LES SOLS DES PLAINES ALLUVIALES DE LA CASAMANCE
AUX ENVIRONS DE SEDHIOU

par R. MAIGNIEN

Docteur es^s Sciences

Directeur de Recherches à l'O.R.S.T.O.M.

LES SOLS DES PLAINES ALLUVIALES DE LA CASAMANCE
AUX ENVIRONS DE SEDHIOU

R. MAIGNIEN

LES SOLS DES PLAINES ALLUVIALES DE LA CASAMANCE

AUX ENVIRONS DE SEDHIOU

R. MAIGNIEN

CENTRE DE PEDOLOGIE DE HANN

O.R.S.T.O.M.

Ce rapport reprend une étude qui a été effectuée en fin 1955 à la demande de la C.G.O.T. et du Service de l'Agriculture au Sénégal. Les conclusions qui reposent sur l'interprétation des analyses de 68 échantillons de sols peuvent orienter un programme d'étude pour la mise en valeur des sols alluviaux de la moyenne Casamance. Cette question, actuellement à l'ordre du jour, concerne le développement des cultures vivrières et particulièrement de la riziculture.

I.- CARACTERISTIQUES GEOGRAPHIQUES

Les plaines étudiées s'étendent le long de la rive droite du fleuve Casamance, à quinze kilomètres environ au Sud-Ouest de Sédhiou, dont les coordonnées géographiques sont les suivantes : 12°42'N - 15°33' W - 15 m d'altitude.

Elles sont bordées d'une part par les rives envasées du fleuve, et d'autre part par la ligne de côtes qui marque la limite des formations argilo-sableuses du sédimentaire continental. On distingue au N-E et au droit de MALIFARA une première plaine qui s'enfonce en coin vers le village de BOUNO; au sud, entre BOUNO et

.../...

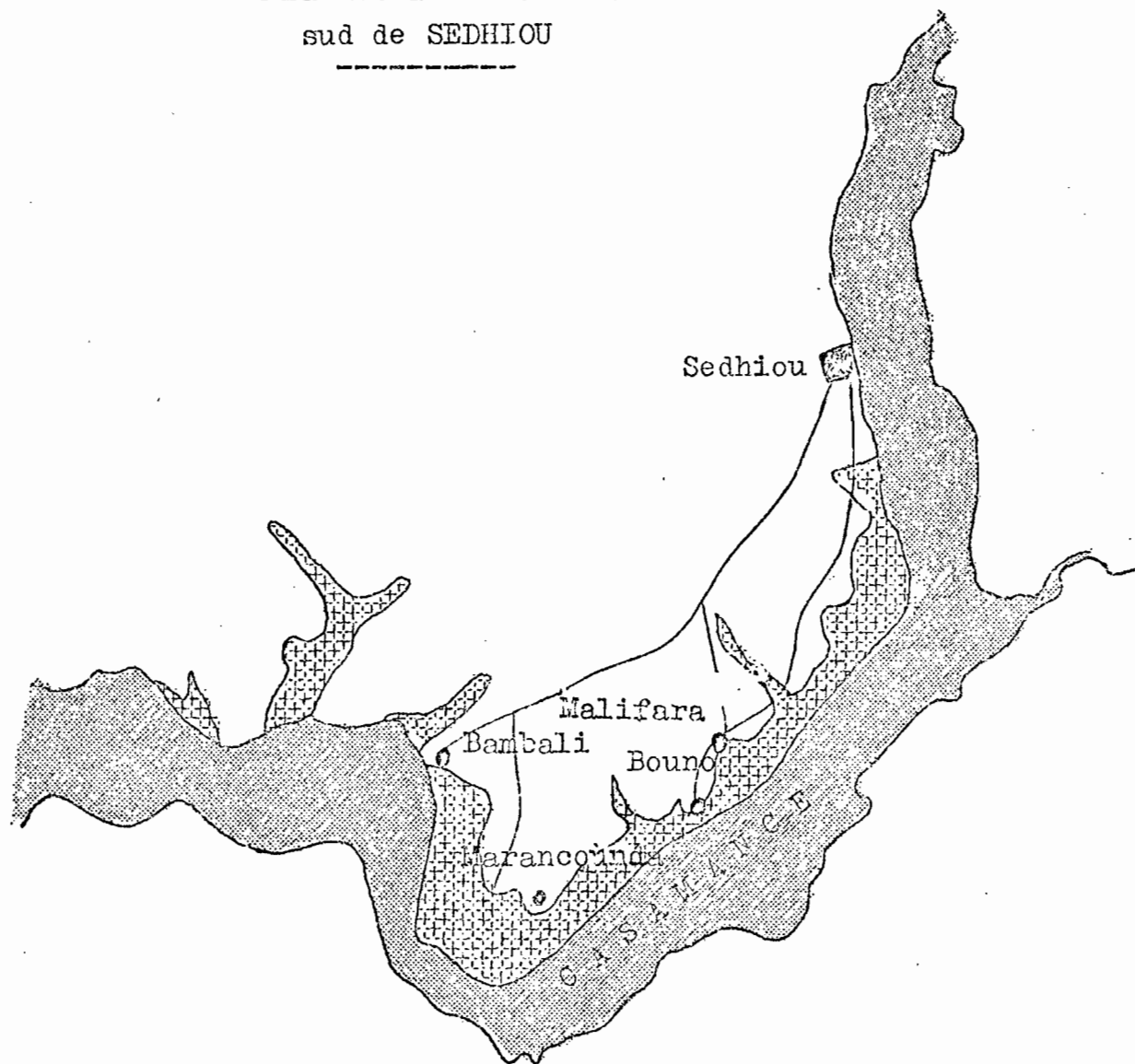
BAMBALI une seconde plaine plus étendue qui s'élargit considérablement à la hauteur de MARANCOUNDA. La surface totale est estimée à 2.000 ha, sur une largeur moyenne de 500 à 2.000 mètres.

Les plaines sont développées sur des sédiments alluviaux argileux qui sont les matériaux d'une ancienne mangrove actuellement en voie de disparition. Des peuplements de palétuviers subsistent par taches en bordure des marigots qui pénètrent la plaine. L'empreinte de ces boisements se retrouve le long des profils. Elle se concrétise par la présence de tubes ferrugineux indurés de plus de dix centimètres de long pour un à deux cm de diamètre qui matérialisent la trace des anciens pneumatophores. Ces canaux tubulaires jouent un rôle important dans le drainage des sols.

Toutes ces plaines sont plus ou moins salées, mais l'étude de l'évolution des sols, des associations végétales, ainsi que les enquêtes agricoles signalent un dessalement naturel et rapide des terres. Les plus fortes salures s'observent dans les horizons de surface. En profondeur, les argiles très collantes expurgent leurs sels solubles avec facilité. Ces derniers sont donc faiblement associés au complexe adsorbant, du moins tant que les sols restent humides en permanence. La dégradation de la structure dans les horizons de surface se réalise uniquement lorsque l'évaporation provoque une concentration suffisante en sodium à ce niveau.

La nappe phréatique est proche de la surface du sol (50 à 200 cm). Elle est chlorurée et sulfatée, et la salinité est sensiblement la même que celle des eaux du fleuve. La Casamance est un vaste estuaire envahi par les eaux marines qui pénètrent jusqu'en amont de

Plaines alluviales au
sud de SEDHIOU



Echelle au 1/200.000è.

Sédhiou. Les marées sont très amorties et ne débordent jamais sur les terres, même aux plus hautes eaux. L'inondation se produit en saison des pluies par les eaux douces qui s'écoulent des coteaux.

La pluviométrie moyenne annuelle pour la zone considérée est de 1.400 mm environ. Les précipitations sont concentrées en une saison des pluies qui s'étale de Juin à début Octobre. Il s'agit typiquement d'un climat tropical humide.

Les associations végétales, surtout herbacées, sont en relation d'une part avec le degré de salure des horizons de surface, d'autre part avec la durée de l'immersion par les eaux douces et l'acidité du milieu. Des peuplements de palétuviers (*Rhizophora racemosa*, *Avicennia nitida*) bordent la Casamance. Vers les coteaux, des touffes de *Phoenix senegalensis* et de *Mitragyna inermis* signalent le dessalement.

A partir des peuplements de mangrove on observe deux types d'évolution :

- dans les zones basses, non atteintes par les eaux salées et fortement lessivées par les eaux douces de ruissellement, d'abord un stade à *Phragmites* communis, puis à une cote légèrement plus élevée un stade à *Sporobolus robustus*.
- dans les zones plus hautes, souvent aussi plus salées en surface, d'abord la formation de plages stériles, puis un stade à *Sesuvium portulacastrum* suivi d'un stade à *Phloxerus vermicularis* se mêlant à *Cyperus articulatus*; enfin, des peuplements denses à *Eleocharis fistulosa* où pénètre, dans les parties les plus humides, *Sporobolus robustus*.

Quand le dessalement est suffisamment prononcé, apparaissent des groupements à *Cynodon dactylon* et à *Imperata cylindrica* puis des associations climaciques à *Andropogonées*. Ces substitutions concrétisent le dessalement naturel des terres.

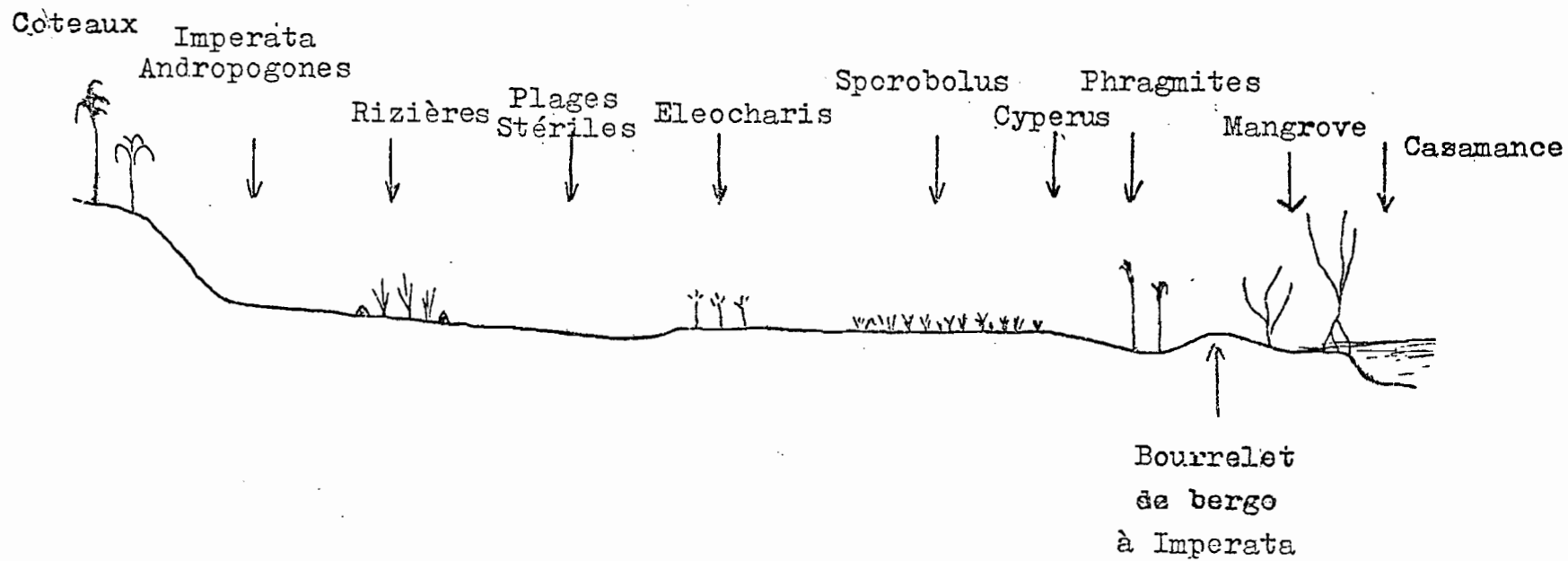
La topographie des plaines est extrêmement plane. Les variations de cotes sont faibles (quelques décimètres) avec une pente générale vers la Casamance. Les périmètres les plus salés forment des taches stériles, libres de toute végétation, qui se situent en bordure des coteaux. Ces surfaces forment des cuvettes légèrement surélevées par rapport aux peuplements à *Eleocharis* et à *Sporobolus*, cuvettes qui retiennent l'eau à la décrue. En saison sèche, l'évaporation amène une concentration en sels extrêmement forte des solutions retenues, d'où il résulte la formation de la structure poudreuse caractéristique des sols à alcalis. Les agrégats sont ensuite partiellement déblayés par les vents et la déflation provoque l'approfondissement des cuvettes. Les matériaux entraînés s'accumulent aux pieds des touffes de végétation voisine. Il s'agit d'un processus identique à celui de la formation des "lunettes" d'Afrique du Nord.

Le dessalement des terres est donc lié à la fois au drainage interne, surtout important en bordure des marigots, et au ressuyage des horizons supérieurs au moment du retrait des eaux. Quand l'écoulement superficiel des eaux est ralenti (longueur du retrait, rugosité due à la végétation herbacée), l'évaporation provoque la concentration des solutions salines en surface qui amorcent la dégradation de la structure.

Répartition des peuplements herbacés en fonction de la
salure des sols.

	Cl ⁻ ‰	SO ₄ ⁻⁻ ‰	pH
Sesuvium portulacastrum	60,3	19,2	4,5
Philoxerus vermiculatus	70,2	1,3	3,6
	92,2	22,9	5,0
Phragmites communis	16,6	6,4	4,1
	9,5	2,4	4,5
Sporobolus robustus	15,4	2,3	4,4
Cyperus articulatus	18,2	4,9	4,0
Eleocharis fistulosa	5,8	1,1	4,7
	7,4	1,4	4,7

Ces chiffres, obtenus sur des échantillons prélevés en saison sèche, ne présentent que des valeurs indicatrices. Les teneurs en sels toxiques ne sont d'ailleurs pas les seuls facteurs orientant la distribution de la végétation herbacée. Il faut également tenir compte de la durée d'immersion par les eaux douces et du colmatage des sols. D'un autre côté, il existe des relations assez précises entre le degré de salure que supportent certains peuplements halophytes et les conditions d'humidité du climat. Sur le pseudo-delta du Sénégal, au climat plus aride, MAYMARD (1953) signale des valeurs plus faibles pour des peuplements identiques. La toxicité joue d'une part par l'élévation de la pression osmotique, d'autre part par l'accumulation d'anions et de cations mal tolérés, Cl⁻, Na⁺ en particulier. Mais un autre facteur influe considérablement sur la répartition de la végétation qui est l'acidification du milieu.



Tous les sols, surtout les plus organiques, sont riches en sulfures. En saison sèche avec le retrait des eaux et l'amoindrissement de la nappe, l'oxydation provoque une transformation des ions sulfure en ions sulfate. Les sols étant peu saturés en cations alcalino-terreux, il y a apparition d'une acidité SO_4^{--} qui abaisse considérablement le pH. Des pH de l'ordre de 2,0 ont pu être mesurés en Guinée. Dans de telles conditions, le fer ferreux d'abord (en dessous de pH 4,0), le fer ferrique ensuite (en dessous de pH 2,2) deviennent solubles. Il y a apparition du phénomène dit " d'eaux rouges " qui inhibe toute végétation.

Ces observations sur la flore normale des terrains salés peuvent être étendues à la culture du riz. En partant de celle-ci, les paysans casamançais ont mis au point des techniques originales qui permettent l'exploitation des sols de mangrove, qu'ils soient anciens ou récents. Ainsi, pour éviter une remontée trop importante des sels toxiques et une oxydation des sols, les cultivateurs ouvrent les digues en saison sèche pour laisser pénétrer les eaux de mer qui submergent les billons. Pour contrebalancer l'acidification, la pratique habituelle est d'apporter des quantités importantes de coquilles d'huitres grillées. Il y a formation de sulfate de calcium. Enfin, une dernière méthode, mais qui s'applique sur les sols déjà fortement dessalés, consiste à brûler un tas de bois de un à deux stères dont les cendres sont épandues sur quelques mètres carrés. On peut concevoir que l'enrichissement en potasse, dû à l'apport de cendres, équilibre les solutions du sol contenant des teneurs importantes de Na, élevant ainsi la tolérance des plantes vis-à-vis des sels toxiques (HEIMANN-1958).

Malgré l'adaptation des méthodes à ce milieu particulier, des superficies importantes ne sont pas cultivées.

Deux zones principales sont utilisées :

- les parties peu salées bordant les coteaux et proches des villages,
- les parties les plus basses, salées, mais bien drainées par les collatures qui convergent vers les marigots.

La répartition des cultures entre ces périmètres correspond à un étalement de la production dans le temps :

- bordures de coteaux : riz de saison pluvieuse,
- bordures des marigots : riz de début de saison sèche.

Quant aux superficies cultivées, elles aboutissent au plein emploi de la main-d'oeuvre féminine. Les femmes seules descendent dans les rizières pour le repiquage du riz, les surfaces cultivées étant en moyenne de 25 ares par individu. En fait, c'est le manque de main-d'oeuvre et de moyens de travail du sol plus que les problèmes de fertilité qui limitent l'extension de la riziculture en Casamance.

La culture se pratique sur billons ou sur buttes à l'intérieur de petits casiers dont la superficie dépasse rarement, sauf en mangrove, une dizaine de mètres carrés. La pratique de l'écobuage est courante. Les produits de couleur crème, à texture limoneuse, ne se mouillant pas à l'eau en sont les traces. Les billons ou les buttes sont coupés chaque année et retournés dans les fossés voisins, la matière organique étant mise dessous.

Les plantations se font par repiquage avec des variétés adaptées aux différents degrés de salure. Le nettoyage s'exécute également à la main, et la cueillette des épis se fait brin par brin suivant la maturité des plantes. Le riz est conservé en gerbes dans des greniers en banco.

II. - LES SOLS - ETUDE MORPHOLOGIQUE

Les sols sont formés sur des sédiments alluviaux salés qui sont les restes d'une ancienne mangrove actuellement exondée. L'exondation s'étant faite d'amont en aval, les terres sont moins salées à l'intérieur du pays que vers la mer.

Teneurs en sels des horizons profonds en ‰ de terre sèche.

	<u>Amont</u>	<u>Aval</u>
	<u>Plaine de MALIFARA</u>	<u>Plaine de MARANCOUNDA</u>
Cl ⁻	1,7 à 3,1	3,4 à 7,4
SO ₄ ⁻⁻	0,2 à 1,15	0,6 à 2,4

On observe donc tous les passages des sols argileux halomorphes aux sols hydromorphes à engorgement total et plus ou moins temporaire. Dans l'ensemble et en dehors des horizons de surface, la morphologie des profils est assez comparable :

- l'horizon de surface, de couleur foncée, est riche en matière organique;
- l'horizon sous-jacent est bariolé; c'est un horizon d'oxydation et de précipitation des sesquioxydes de fer;
- immédiatement au-dessus de la nappe phréatique, l'horizon argileux est colmaté, de couleur claire. .../...

Ces sols présentent donc les caractéristiques des sols hydromorphes à pseudo-gley. Les variations portent sur l'épaisseur des différents horizons, l'intensité des phénomènes d'hydromorphie, le degré de salure de l'horizon de surface, la profondeur de la nappe phréatique. Les différences se distribuent suivant la cote du lieu considéré, ce qui provoque une succession assez constante de sols entre les collatures et le pied des formations continentales.

Au droit de Malifara entre le marigot et le coteau on observe les profils suivants :

1°) - A 150 mètres du marigot, sous un peuplement de Phragmites et de Cyperus.

- 0 - 5 cm - horizon brun-noir; argileux; structure poudreuse sur 2 cm, puis structure à tendance grumeleuse avec quelques angles, grossière, assez bien développée, stable; cohésion de moyenne à forte, produite essentiellement par action des racines très nombreuses; nombreux pores tubulaires.
- 5 - 22 cm - horizon noir; très argileux; colmaté, collant, avec traînées noirâtres ou plus claires; structure cubique fondue, à aspect tirsifié, massive et assez stable.
- 22 - 65 cm - horizon gris-acier, avec nombreuses taches et traînées ferrugineuses; argileux; paraît moins colmaté; structure fondue à tendance polyédrique, avec quelques grandes fontes de retrait, nombreux pores tubulaires légèrement ferruginisés, parfois un peu durcis.

65 - 75 cm - gris-beige, avec traînées et taches
et plus diffuses ferrugineuses; très argileux;
nombreux pores tubulaires où l'eau circule;
traînées en forme de pseudo-mycélium très dures;
anciennes traces de grosses racines ayant donné des tubes
ferrugineux, durcis, mais encore friables;
nappe phréatique chlorurée et sulfatée.

2°) - A 150 mètres du profil précédent vers le village.
Zone stérile à structure poudreuse.

0 - 2 cm - horizon brun-noir; argileux; se débitant
en petites plaquettes squameuses de 2 à
3 cm d'épaisseur, de 5 à 6 cm de diamètre;
aspect soufflé des plaquettes, structure
poudreuse bien caractérisée remplissant
les fentes de retrait; les plaquettes
se débitant secondairement en petits cubes.

2 - 30 cm - horizon noir avec nombreuses petites taches
et traînées blanc-jaunâtre (sels), quelques
traînées rouille plus rares; argileux;
structure cubique assez massive; cohésion
forte, patine brillante sur les agrégats;
pores tubulaires peu nombreux.

30 - 55 cm - horizon bariolé de gris-noirâtre et de
rouge-sang en taches, et traînées ferrugi-
neuses de couleur rouille le long des pas-
sage de racines; très argileux; structu-
re cubique, massive, stable; cohésion très
forte; nombreux pores tubulaires enrichis
en fer.

55 - 120 cm - horizon gris-clair, avec traînées ferrugineuses ocre-rouille, très argileux, colmaté par place. A l'état sec, donne structure polyédrique assez fine; quelques pores tubulaires; imprégnations ferrugineuses le long des fentes de retrait.

120 cm et plus-nappe phréatique chlorurée et sulfatée; l'argile s'éclaircit fortement.

3°)- A 100 mètres du profil précédent, sous une végétation à *Philoxerus* mêlés à quelques individus d'*Eleocharis*.

0 - 3 cm - horizon gris-brunâtre; argileux; structure poudreuse sur 1 cm, puis aspect soufflé avec nombreuses racines; cohésion de faible à moyenne.

3 - 35 cm - horizon noir, avec traînées en forme de mycelium le long des racines, de couleur ocre-rouille; très argileux; structure nettement cubique, massive, stable; cohésion forte.

35 - 63 cm - horizon bariolé avec surtout de grosses taches rouge-sang et des traînées assez diffuses ocre-jaune, non durcies; très argileux; structure polyédrique assez bien développée; nombreux pores tubulaires.

63 - 120 cm - horizon identique mais beaucoup moins rouge, surtout taches ocre-jaune au milieu d'une pâte argileuse gris-acier; structure polyédrique bien développée.

4°) - A 150 mètres du profil précédent, rizière actuellement en jachère. Végétation herbacée abondante, recouvrant le sol d'un tapis épais de plusieurs centimètres. Ce tapis est brûlé à chaque campagne rizicole. Aucun symptôme de salure visible.

0 - 3 cm - nombreux débris végétaux plus ou moins décomposés donnant une litière abondante.

3 - 20 cm - horizon gris-foncé avec quelques traînées de couleur rouille le long des racines; nombreux produits de couleur crème à consistance limoneuse venant ameubler l'ensemble (écobuage); argilo-limoneux; structure grumeleuse assez grosse, paraît assez stable; cohésion de faible à moyenne; nombreux pores tubulaires édifiés par les racines très nombreuses.

20 - 53 cm - horizon noir-brunâtre, petites taches rouille très rares; limono-argileux; structure nuageuse à cubique, grossière, paraît assez stable; cohésion moyenne; nombreux pores tubulaires; ensemble assez poreux.

53 - 95 cm - horizon noir, quelques taches rouille diffuses et petites; très argileux; structure polyédrique assez fine, peu développée; cohésion de moyenne à forte; nombreux pores tubulaires gros, nombreuses racines.

95 - 120 cm - horizon gris-clair avec nombreuses taches et plus et début de concrétions très peu durcies rouge-vif à ocre-rouille; quelques débris de racines charbonneuses; structure polyédrique bien développée; ensemble plus

5°) - Première rizière en bordure du village, cultivée chaque année, entourée de petits bouquets d'Elaeis et de Caillcédrats.

- 0 - 45 cm - horizon gris-noir, très foncé, avec dépôts de couleur rouille entre les agrégats et le long des pores tubulaires édifiés par les racines; très argileux; structure à tendance cubique, mal développée, patine brillante sur les faces des agrégats; cohésion très forte.
- 45 - 60 cm - horizon de couleur ocre-jaune, limono-argileux; structure nettement nuciforme.
- 60 - 90 cm - horizon de couleur brune, argileux, petites taches diffuses ocre-rouille marquant un léger colmatage; structure à tendance nuciforme, moyennement stable.
- 90 - 120 cm - horizon identique au second, mais plus rouge, finement sableux; peu structuré.

Puis à nouveau horizon brun, argileux, identique au premier.

L'étude de cette chaîne de sol est riche d'enseignements:

- la nappe phréatique est plus profonde vers les cotteaux; de 50 cm elle s'abaisse à plus de 200 cm.
- la nappe chlorurée et sulfatée a sa conductivité qui diminue dans le même sens que ci-dessus. Au village l'eau est douce.

- l'épaisseur de l'horizon humifère suit le même sens.

profils	n° 1	n° 2	n° 3	n° 4	n° 5
épaisseur en cm	22	30	35	53	45

- l'horizon d'accumulation et d'oxydation du fer a un développement optimum au milieu de la plaine, là où la salure est maximum en surface. Les matériaux oxydés sont de couleur rouge-sang.
- les périmètres les plus salés en surface se situent à proximité des coteaux. Ils constituent une succession de plages stériles parallèlement à ces derniers.
- la structure poudreuse ou squameuse, sur les plages stériles très salées, devient cubique (tirsiforme) aux pieds des coteaux. Les agrégats sont beaucoup structurés.
- au centre des plaines et en bordure des marigots aux processus d'halomorphie font place des processus de sols très acides.
- les horizons de surface sont toujours moins argileux que les horizons profonds.

Les deux facteurs essentiels de l'évolution des sols étudiés sont donc : la salinisation et l'hydromorphie. Ces caractéristiques apparaissent plus nettement encore dans l'étude des résultats analytiques.

Analyse mécanique en % de terre séchée à 105°

	Terre fine	Sables grossiers	Sables fins	Limon	Argile	Matière Organique	
1.	Ha 521	100	1,0	10,5	26,1	40,0	14,8
	Ha 522	100	0,5	11,3	22,4	61,2	8,0
	Ha 523	100	1,8	16,3	42,2	35,3	1,5
	Ha 524	100	7,5	12,5	18,1	56,7	0,7
2.	Ha 531	100	1,5	9,5	20,3	54,3	3,0
	Ha 532	100	1,0	6,5	14,9	69,6	2,5
	Ha 533	100	12,5	14,5	14,5	54,3	1,2
	Ha 534	100	1,5	12,5	22,6	58,8	0,8
	Ha 535	100	1,5	13,0	23,5	58,0	0,8
3.	Ha 541	100	0,8	18,8	25,8	37,7	6,3
	Ha 542	100	0,5	17,5	31,1	52,3	1,3
	Ha 543	100	10,0	14,3	20,1	51,8	0,7
	Ha 544	100	9,5	12,5	22,2	51,1	
4.	Ha 551	100	6,0	16,5	11,0	39,8	8,6
	Ha 552	100	7,5	19,6	26,7	35,1	4,7
	Ha 553	100	0,5	8,0	20,1	64,8	2,1
	Ha 554	100	14,0	16,0	17,6	49,5	0,8
5.	Ha 561	100	1,0	11,0	20,7	58,7	6,3
	Ha 562	100	3,5	18,0	26,3	35,4	3,9
	Ha 563	100	1,0	14,3	22,4	68,4	2,3

Ce sont tous des sols argileux à argilo-limoneux. Les teneurs en sables sont basses avec prédominance de sables fins. La composition mécanique signale une tendance au colmatage très prononcée. Il n'apparaît pas que les variations de texture le long des profils soient liées à des processus pédogénétiques (lessivage!). Il s'agit de modifications dues à l'évolution de régime de l'alluvionnement.

Teneurs et qualités de la matière organique

en % de terre séchée à 105°

	Matière Organique	Humus	Carbone	Azote	C/N	
1.	Ha 521	14,8	1,5	8,6	0,47	18,5
	Ha 522	8,0	0,054	2,3	0,15	15,2
	Ha 523	1,5	0,052	0,84	0,043	19,5
	Ha 524	0,7	0,018	0,40		
2.	Ha 531	3,0	0,052	1,8	0,14	12,2
	Ha 532	2,5	0,040	1,4	0,10	13,8
	Ha 533	1,2	0,029	0,7	0,088	8,0
	Ha 534	0,8	0,033	0,5	0,055	8,5
	Ha 535	0,8	0,030	0,5	0,053	9,0
3.	Ha 541	6,3	0,133	3,7	0,16	22,7
	Ha 542	1,3	0,030	0,74	0,055	13,5
	Ha 543	0,67	0,030	0,39	0,017	22,9
	Ha 544		0,047		0,038	
4.	Ha 551	8,6	0,113	5,0	0,155	32,3
	Ha 552	4,7	0,093	2,7	0,097	28,1
	Ha 553	2,1	0,062	1,2	0,085	14,3
	Ha 554	0,77	0,033	0,45	0,057	7,9
5.	Ha 561	6,3	0,21	0,7	0,26	14,1
	Ha 562	3,9	0,034	2,3	0,183	12,3
	Ha 563	2,3	0,033	1,4	0,127	10,1

Les sols sont tous très riches en matière organique. On peut supposer deux origines à ces teneurs :

- la nature même de l'alluvionnement formé par l'accumulation de vases organiques et argileuses (précipitation des colloïdes organiques entraînés par les eaux de ruissellement et floculés au contact de l'eau salée)
- décomposition des tapis herbacés extrêmement denses et épais dans des sols exondés et humides toute l'année.

Le profil 2 ne porte pas de végétation. Il contient néanmoins 3,0 % de matière organique totale dans son horizon de surface, teneur qui peut correspondre aux quantités contenues dans la vase. Les autres profils, couverts d'un tapis herbacés épais, présentent des teneurs importantes qui dépassent 14 % dans le profil 1.

Les caractéristiques qualitatives signalent une matière organique mal évoluée, matière organique résiduelle de milieu acide hydromorphe. Il y a accumulation de produits foncés, carbonés, pauvres en azote, qui nitrifient difficilement. L'humification est réduite et le rapport matière organique / humus est très élevé ($> 30 - 40$). Le rapport C/N est également extrêmement fort (parfois > 20) Il confirme la décomposition de la matière organique en milieu réducteur.

La mise en culture des sols provoque une reprise de la minéralisation de la matière organique avec abaissement du rapport C/N. L'aération par les façons culturales relance la nitrification (profil 5)

Les teneurs en sels solubles, et plus particulièrement en chlorure, varient sensiblement suivant leur

position par rapport aux lignes de drainage naturel. Le profil 1, proche du marigot, a en surface des teneurs en Cl^- de l'ordre de 17 ‰. Par contre, au centre de la plaine où le drainage et le retrait des eaux de surface sont ralentis, les teneurs atteignent des valeurs beaucoup plus élevées : (70 ‰). En bordure de coteaux, les sols sont légèrement colluvionnés et lessivés par les eaux de ruissellement; le dessalement est complet ($\text{Cl}^- = 0,2$ ‰).

Les teneurs en sulfates suivant d'assez près celles des chlorures. Ils se lessivent cependant beaucoup moins rapidement, surtout en bordure des marigots. Ils sont étroitement liés à l'oxydation des sulfures très abondants dans les vases argileuses et organiques de la mangrove.

Teneurs en sels en ‰

	CHLORURES (Cl^-)	SULFATES (SO_4^{--})
Ha 521	16,6	6,4
Ha 522	2,2	1,5
Ha 523	2,1	1,2
Ha 524	3,0	0,7
Ha 531	19,0	2,7
Ha 532	1,9	0,8
Ha 533	1,1	0,6
Ha 534	2,2	0,5
Ha 535	2,4	0,5
Ha 541	70,2	1,3
Ha 542	2,0	0,6
Ha 543	2,1	0,5
Ha 544	1,7	0,5
Ha 551	0,2	0,3
Ha 552	0,4	0,2
Ha 553	0,3	0,2
Ha 554	0,1	0,2
Ha 561	0,2	0,4
Ha 562	0,2	0,2
Ha 563	0,2	0,2
Ha 564	-	0,2

Les horizons de surface sont toujours plus riches en sels solubles que les horizons de profondeur (évaporation). Si les eaux de surface s'évacuent rapidement, par drainage ou par ruissellement, la concentration en sels dans les horizons de surface reste faible. Dans le cas contraire il y a concentration des solutions salines et dégradation du complexe adsorbant par l'ion sodium.

En résumé, il apparaît que ces anciens sols de mangroves se lessivent assez facilement de leurs sels toxiques. Aucune trace de dégradation de structure n'a été observée en profondeur. Le problème du dessalement des terres paraît donc être surtout une question d'évacuation des eaux de surface.

La même séquence de sols se développe le long des plaines entre le fleuve Casamance et les coteaux. Les variations de détails sont dues à la présence de marigots qui pénètrent les terres et à la présence de levées sous forme de bourrelets de berges.

Il a déjà été signalé que la salure générale des plaines augmentait vers l'aval, ceci étant dû à une exondation plus récente et probablement aussi à une plus grande étendue des plaines qui freine le retrait des eaux superficielles. Mais les profils généraux restent les mêmes ainsi que les caractéristiques analytiques. Seuls, les horizons de surface varient en fonction de l'intensité de la salure et de la profondeur de la nappe phréatique. Les profils suivants ont été observés dans la plaine Marancounda-Bambali :

- 1°) - Près de la digue, face au village de Marancounda en bordure d'une zone stérile entourée de *Philoxerus vermicularis* et *Cyperus articulatus*.

- 0 - 3 cm - horizon gris-noirâtre; structure poudreuse très caractéristique avec cristaux brillants de sels, devenant plus abondants à la base; les agrégats s'agglomèrent parfois pour donner des petites écailles friables.
- 3 - 14 cm - horizon brun-noir avec traînées de couleur rouille le long des racines; argileux; structure à tendance grumeleuse un peu anguleuse; peu structuré; grosseur des agrégats moyenne; mottes moyennement friables, mais agrégats très durs; action mécanique des racines nette.
- 14 - 35 cm - horizon gris-noir, légèrement bleuté avec traînées rouille plus importantes le long des canalicules édifiés par les racines; très argileux; structure cubique bien développée, assez massive avec patine brillante sur les agrégats; cohésion forte, stable; quelques pores tubulaires assez gros imprégnés de fer.
- 35 - 60 cm - horizon gris-bleuté, bariolé de traînées rouge-sang, taches rouille faiblement durcies; très argileux; structure polyédrique, de grosseur moyenne; assez bien structuré, stable; cohésion forte; petits pores tubulaires.
- 60.- 85 cm - horizon bariolé avec prédominance ocre-rouille tendant à se concrétionner; taches rouge-sang assez diffuses 2 à 6 cm de diamètre au milieu d'une

argile gris-clair; tubes ferruginisés moyennement durcis; structure polyédrique moyennement développée, tendance au colmatage; parfois pseudo-mycelium de produits noirâtres; pores tubulaires assez gros et nombreux.

85 - 100 cm - argile gris-clair avec quelques taches et trainées rouille et rouges; structure polyédrique; colmaté; quelques pores tubulaires où suinte l'eau de la nappe à 100 cm (salée)

Quelques faits sont à retenir :

- la dégradation des 3 cm de l'horizon de surface sous l'action des solutions salines;
- l'action très nette d'hydromorphie par engorgement dans les deux horizons supérieurs : teneur en matière organique forte et structure tirsifiée;
- la concentration des solutions ferrugineuses dans les zones de forte oxydation avec léger durcissement.

2°) - Plaine de Marancounda, grande plage stérile à gauche du village, à environ 400 m de la lisière d'Elacis.

0 - 3 cm - horizon gris-bleuté à gris-brun, quelques taches ferruginisées à la partie inférieure; pas de structure poudreuse en surface, mais polygonation donnant des plaquettes de 5 à 10 cm de diamètre et 3 à 5 cm d'épaisseur; cohésion très forte; pores tubulaires assez nombreux.

- 3 - 25 cm - Horizon brun-noirâtre avec taches et trainées assez nombreuses rouges et ocre-rouille; argileux; structure cubique mal développée, tendance polyédrique, paraît peu stable, faiblement massive; cohésion forte, nombreux pores tubulaires.
- 25 - 60 cm - horizon ocre-rouille à ocre-jaune dans un fond argileux gris assez clair, les parties enrichies en fer paraissent moins argileuses que les matériaux gris. Les agrégats sont recouverts d'une patine noirâtre entraînée de l'horizon supérieur; structure cubique, massive à l'état humide, donnant en se desséchant une structure polyédrique nette; cohésion forte; nombreux pores tubulaires.
- 60 - 122 cm - horizon gris-clair faiblement bleuté, avec quelques taches et longues traînées verticales ocre-jaune; argileux; partiellement colmaté; structure cubique, peu stable; quelques tubes ferrugineux durcis et pores tubulaires; nappe phréatique fortement salée (chlorures et sulfates).

Les résultats analytiques sont beaucoup plus parlants.

Composition mécanique en % de terre séchée à 105°

	Terre fine	Sables grossiers	Sables fins	Limon	Argile	Matière Organique
Ha 601	100	0,0	13,0	18,5	54,4	4,0
Ha 602	100	0,5	11,0	17,6	59,9	5,4
Ha 603	100	1,0	13,5	15,6	65,3	2,1
Ha 604	100	3,0	13,5	16,9	62,7	1,5
Ha 605	100	8,5	12,0	13,3	52,7	0,7
Ha 606	100	3,5	10,5	15,9	63,7	0,7
Ha 641	100	1,0	9,0	17,1	57,8	1,7
Ha 642	100	12,3	11,3	22,0	58,8	1,2
Ha 643	100	3,0	6,0	28,1	55,5	0,8
Ha 644	100	0,5	28,5	24,2	47,1	0,9

Les textures sont très semblables. Par contre, les teneurs en matière organique sont différentes, en % de terre séchée à 105°

	Matière Organique	Humus	Carbone	Azote	C/N
Ha 601	4,0	0,039	2,3	0,105	22,9
Ha 602	5,4	0,026	3,1	0,174	17,9
Ha 603	2,1	0,058	1,7	0,088	13,8
Ha 604	1,5	0,031	0,9	0,087	9,9
Ha 605	0,7		0,4	0,048	9,0
Ha 606	0,7	0,065	0,4	0,032	13,4
Ha 641	1,7	0,098	1,0	0,037	11,6
Ha 642	1,7	0,073	1,2	0,064	19,0
Ha 643	1,5	0,033	0,8	0,062	12,4
Ha 644	1,5	0,067	0,9	0,032	28,0

.../...

Le premier profil contient plus de matière organique que le second (plus du double) ce qui est normal en regard de la présence d'un tapis herbacé dans le premier cas, et l'absence de toute végétation dans l'autre. Par contre, la qualité de la matière organique est différente. L'accumulation dans le profil Ha 60 est d'un milieu hydromorphe à pseudo-gley ($C/N > 20$; $\text{humus}/\text{matière organique} \neq 100$). C'est une matière organique résiduelle. Dans le profil Ha 64, il s'agit de la matière originelle de la vase de mangrove. Cette matière organique a une origine allochtone. Elle conserve l'empreinte du milieu de formation, à savoir les sols faiblement ferrallitiques et ferrugineux tropicaux voisins ($C/N \neq 11 - 12$; $\text{humus}/\text{matière organique} < 20$) qui ont été érodés et décapés.

Les teneurs en sels solubles dans les horizons de surface sont, elles-aussi, très différentes,
en ‰ de terre sèche

	CHLORURES (Cl^-)	SULFATES (SO_4^{--})
Ha 601	92,2	22,9
Ha 602	15,1	2,4
Ha 603	4,1	1,2
Ha 604	6,1	1,4
Ha 605	6,6	1,4
Ha 606	7,4	1,4
Ha 641	12,9	2,2
Ha 642	3,7	1,3
Ha 643	4,7	1,4
Ha 644	6,1	1,3

Première remarque importante, la plage stérile est moins riche en sels solubles, en surface, que le profil voisin. C'est une conséquence de la déflation par le vent qui a déblayé les matériaux poudreux riches en cristaux de sels du profil Ha 64 pour les déposer au milieu de la végétation halophyte du profil Ha 60. Les différences ne portent que sur les horizons de surface. En profondeur, le matériau originel reste très semblable à lui-même. Il y a transformation de sols halomorphes en sols à alcalis salés dans les quelques centimètres supérieurs.

Une autre différence porte sur les processus de fixation et de précipitation des sesquioxides de fer. Ces processus sont plus intenses dans le premier profil que dans le second. Dans un cas, il y a amorce de concrétionnement en noyaux et en tubes le long des racines, dans l'autre on observe tout au plus une imprégnation diffuse, mais ce milieu paraît aussi plus réducteur ce qui explique en partie cela.

Il faut signaler enfin la présence de traînées et de taches ocre-jaune en profondeur dans le second profil, traînées et taches qui n'ont été observées qu'en quelques points limités. Il s'agit probablement de sulfates de fer.

Les sols de la plaine de Marancounda ne présentent pas tous des traces aussi nettes d'halomorphie. De larges surfaces sont couvertes de peuplements herbacés denses.

1°) - A mi-chemin de Marancounda et de la Casamance, sous un peuplement dense d'*Eleocharis fistulosa*.

0 - 30 cm - horizon noir, faiblement bleuté, avec nombreuses petites traînées de couleur rouille le long des racines. Les quelques centimètres supérieurs sont fortement ameublissés par les racines; très

.../...

argileux; structure cubique tirsiforme, très stable; cohésion forte; patine brillante sur les agrégats; petits pores tubulaires.

30 - 65 cm - horizon bariolé enrichi en fer; fond argileux gris-clair avec nombreuses traînées diffuses ocre-rouille et taches rouge-vif; structure polyédrique, paraît stable; bien structuré; pores tubulaires assez nombreux.

65 - 80 cm - argile bleuté; plus ou moins colmaté; structure cubique bien développée; cohésion moyenne; quelques taches ocre-rouillé paraissent plus meubles et taches rouges; nombreux pores tubulaires.

80 cm et plus - argile gris-bleuté, clair; colmaté; quelques taches ferrugineuses; nappe phréatique salée à 117 cm.

2°) - Vers la Casamance, à 100 mètres d'un peuplement de Phragmites à gauche, sous un peuplement moyennement dense de Cyperus.

0 - 15 cm - horizon noir-grisâtre; argileux; structure poudreuse sur le premier cm avec cristaux de sels; structure se dispersant facilement sous l'action de l'eau; nombreuses traînées de couleur rouille le long des racines, parfois en taches subhorizontales; la structure devient ensuite à tendance cubique, peu développée et peu stable.

15 - 58 cm - horizon gris-foncé, avec nombreuses taches et dépôts en forme de canalicules jaunes (goût d'acide sulfurique) quelques traînées ferrugineuses peu oxydées; argileux; structure grossièrement polyédrique, se colmatant facilement; cohésion moyenne; pores tubulaires rares.

58 - 85 cm - argile gris-clair; plus ou moins colmaté, avec traînées très largement distribuées de couleur jaune; quelques taches de couleur rouille; structure polyédrique bien développée.

85 cm - nappe phréatique salée.

Ce profil est moins enrichi en fer et moins oxydé que le précédent. Par contre, les phénomènes de salinisation sont plus nets en surface; en particulier la facilité à la dispersion est mieux marquée (action du sodium).

Analyse mécanique en % de terre séchée à 105°

	Terre fine	Sables grossiers	Sables fins	Limon	Argile	Matière Organique
Ha 651	100	0,5	7,3	20,8	55,6	5,6
Ha 652	100	8,3	8,8	19,3	54,2	0,76
Ha 653	100	1,0	3,5	17,1	66,8	0,69
Ha 661	100	2,0	11,0	27,1	40,9	4,7
Ha 662	100	2,8	5,8	20,5	62,0	1,8
Ha 663	100	1,5	6,0	20,9	60,1	0,6

Matière organique en % de terre séchée à 105°

	Matière Organique	Humus	Carbone	Azote	C/N
Ha 651	5,6	0,03	3,2	0,18	18,5
Ha 652	0,8	0,04	0,4		
Ha 653	0,6	0,03	0,40	0,055	
Ha 661	4,7	0,03	2,7	0,14	19
Ha 662	1,8	0,02	1,1	0,08	14
Ha 663	0,6	0,02	0,3	0,05	

Teneurs en sels solubles en % de terre sèche

	<u>CHLORURES (Cl^-)</u>	<u>SULFATES (SO_4^{--})</u>
Ha 651	5,9	3,3
Ha 652	2,9	2,2
Ha 653	6,8	2,4
Ha 661	18,2	4,9
Ha 662	5,0	1,6
Ha 663	6,7	1,9

La différence entre ces deux profils porte principalement sur la profondeur de la nappe phréatique :

- 117 cm dans le premier cas,
- 85 cm dans le second.

Ces différences influent sur le degré d'oxydation des sulfures.

En résumé, les sols d'ancienne mangrove présentent une série de caractéristiques communes :

- la morphologie varie peu,
- les tendances au dessalement sont marquées,
- la pédogénèse actuelle participe surtout à l'évolution de sols hydromorphes.

Les différences importantes portent :

- sur le degré de salinisation des horizons de surface, ceci étant lié principalement au microrelief,
- sur l'augmentation des teneurs en sels solubles en aval des plaines,
- sur l'immobilisation plus ou moins importante des sesquioxides de fer immédiatement au-dessus du niveau d'étiage de la nappe phréatique,
- sur la profondeur de cette nappe phréatique,
- sur la présence ou l'absence de sulfure.

III - CARACTERISTIQUES CHIMIQUES.

1.- Sels solubles

L'origine marine des sédiments argileux marque fortement la composition des sols. On constate :

- la dominance du sodium et du magnésium sur les autres cations,
- la forte proportion de chlorures,
- la présence moindre de sulfates,
- les faibles quantités de calcium et de potassium

Sous les conditions naturelles de mise en eau pendant la saison des pluies, la tendance au lessivage des sels solubles est marquée. Si l'on fait abstraction des

teneurs en ces produits dans les horizons de surface, où se réalisent des phénomènes de remontées importants en saison sèche, on constate pour les horizons profonds :

a) suivant un axe perpendiculaire au fleuve,

- que les plus fortes teneurs en Na^+ et Mg^{++} se trouvent dans les zones exondées, à drainage interne déficient, éloignées des exutoires naturels, donc en pratique en bordure de la ligne de coteaux. Il y a formation de "tannes";
- que dans les parties basses les teneurs en sels solubles sont beaucoup plus basses. Elles sont insignifiantes aux pieds des coteaux dans les rizières indigènes.

b) d'amont en aval,

- que les teneurs en chlorures et sulfates augmentent régulièrement;
- qu'il y a toujours plus de chlorures que de sulfates, et plus de sodium que de magnésium.

Dans les horizons de surface, les proportions de sels solubles sont beaucoup plus variables. On observe toujours des remontées importantes. Ces remontées sont fonction de la période d'exondation, et des possibilités de stagnation des eaux superficielles. Pour les sols situés à la cote 120, près des coteaux, la présence à faible profondeur de la nappe phréatique qui draine lentement, amène une concentration importante de chlorures et de sulfates de sodium et de magnésium en surface.

Teneurs en sels solubles des sols s'étageant des coteaux
à la Casamance, en meq %

n°	LIEU	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺	Cl ⁻	SO ₄ ⁻⁻
Ha 521	150 m	2,80	37,6	1,27	44,46	46,76	13,39
522	d'un marigot	< 0,15	0,60	0,20	6,65	6,19	3,04
523	près de la	< 0,15	< 0,40	0,12	5,84	5,91	2,39
524	Casamance	< 0,15	1,00	0,29	8,00	8,45	1,54
Ha 531	150 m	1,35	11,40	0,60	44,50	37,45	5,62
532	du profil	< 0,15	< 0,40	0,07	6,35	5,35	1,66
533	précédent	< 0,15	< 0,40	0,07	5,36	3,09	1,25
534	plage stérile	< 0,15	0,40	0,12	5,76	6,19	1,12
535		< 0,15	0,44	0,12	6,21	6,76	1,12
Ha 541	Cote 120	4,85	30,00	1,16	156,42	197,70	2,71
542	100 m	< 0,15	< 0,40	0,07	5,06	5,63	1,15
543	du profil	< 0,15	< 0,40	0,16	6,07	5,91	1,02
544	précédent	< 0,15	< 0,40	0,27	9,50	4,78	1,10
Ha 551	150 m	< 0,15	< 0,40	0,05	0,83	0,56	0,69
552	du profil	< 0,15	0,70	< 0,05	2,24	1,12	0,43
553	précédent	< 0,15	0,70	< 0,05	2,24	3,66	0,33
554	rizière en jachère.	< 0,15	< 0,40	< 0,05	0,15	0,28	0,37
Ha 561	rizière	< 0,15	< 0,40	< 0,05	0,29	< 0,56	0,89
562	cultivée	< 0,15	< 0,40	< 0,05	0,34	< 0,56	0,47
563	entourée de palmiers	< 0,15	< 0,40	< 0,05	0,35	< 0,56	0,43
564		< 0,15	< 0,40	< 0,05	0,33	< 0,56	0,37

Teneurs en sels solubles d'amont en aval

n°	LIEU	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺	Cl ⁻	SO ₄ ⁻⁻
Ha 571	mi-chemin entre BOUNO et MALIFARA	0,17	2,96	0,51	14,50	16,33	2,35
Ha 572		< 0,15	0,84	0,26	7,49	7,32	1,89
Ha 573		< 0,15	0,82	0,18	6,35	6,19	1,83
Ha 574		< 0,15	0,80	0,24	8,00	8,73	1,62
Ha 581	600 m de BOUNO	0,60	5,88	0,74	24,30	26,76	4,95
Ha 582		< 0,15	< 0,40	0,18	6,45	6,19	2,31
Ha 583		< 0,15	1,30	0,34	8,35	12,67	2,22
Ha 584		0,15	1,44	0,44	13,30	1,12	2,04
Ha 591	300 m de BOUNO	1,00	8,00	1,16	37,40	43,38	4,81
Ha 592		< 0,15	1,06	0,37	11,80	11,83	1,70
Ha 593		< 0,15	1,30	0,37	11,10	10,98	2,22
Ha 594		< 0,15	1,76	0,48	14,80	-	2,39
Ha 601	face village MARANCOUNDA près de la digue cote 120	8,42	80,0	1,03	217,50	259,71	47,77
Ha 602		1,25	10,6	0,50	43,20	42,53	4,93
Ha 603		< 0,15	0,76	0,18	14,50	11,54	2,47
Ha 604		< 0,15	2,50	0,20	18,70	17,18	2,97
Ha 605		< 0,15	2,40	0,27	19,90	18,59	2,97
Ha 606		0,21	3,20	0,34	21,00	20,84	2,91
Ha 611	300 m du trou précédent vers la CASAMANCE cote 120	6,84	74,0	0,88	152,92	169,85	40,0
Ha 612		0,41	7,0	0,29	19,90	23,66	4,12
Ha 613		< 0,15	0,54	0,14	8,90	6,76	1,54
Ha 614		< 0,15	1,30	0,14	8,30	8,16	1,45
Ha 615		0,16	1,80	0,20	9,50	9,57	1,16
Ha 641	à 400 m du coteau à gauche de MARANCOUNDA	1,45	8,02	0,42	32,40	36,33	4,62
Ha 642		< 0,15	1,48	0,10	11,60	10,42	2,75
Ha 643		0,15	0,58	0,14	13,90	13,23	2,83
Ha 644		0,21	2,70	0,16	16,00	17,18	2,66
Ha 671	à gauche de MARANCOUNDA près du marigot; végé- tation de graminées	1,51	5,50	0,59	17,90	24,22	3,60
Ha 672		0,24	1,84	0,26	7,49	8,16	2,06
Ha 673		< 0,15	1,36	0,27	10,10	9,85	2,85
Ha 674		0,20	1,72	0,33	10,80	11,54	2,83

2.- Complexe adsorbant

Toujours en faisant abstraction des horizons de surface, la somme des bases échangeables est partout inférieure à 10 meq %; la moyenne se situe vers 8 meq %. Compte tenu des teneurs en argile, ces valeurs sont faibles. Elles sont en relation avec la forte acidité pH du milieu.

L'ordre de répartition des cations dans le complexe adsorbant est le suivant :

magnésium, sodium, potassium, calcium.

Dans les sols les plus dégradés, les pourcentages de Na^+ dépassent 30 %. Le magnésium est toujours dominant et peut représenter jusqu'à 75 % des bases fixées. Par contre, les teneurs en calcium sont toujours très faibles.

L'étude de la répartition des bases échangeables à travers les différents types de sols montre qu'une diminution dans les teneurs en sels solubles provoque une diminution des pourcentages de sodium au profit du magnésium.

Le sodium se lessive assez facilement du complexe adsorbant. Ce processus est à mettre en parallèle avec l'évolution de la structure. L'enrichissement en magnésium correspond toujours à un élargissement de cette dernière qui prend un aspect cubique, tirsiforme. Dans quelques cas très accusés, les sols à pseudo-gley deviennent intergrades vers les sols d'argiles noires tropicales. Il n'a cependant jamais été observé de cas typiques comme ceux qui se développent en Gambie Britannique à la Station de Sapu. Peut-être est-ce dû aux faibles teneurs en calcium.

.../...

Par rapport au sodium, les teneurs en potassium semblent faibles, même si elles sont fortes en valeur absolue. Il y a un déséquilibre qui accuse la toxicité sodique. Mais ceci demanderait à être précisé. Dans bien des cas, l'acidité du milieu paraît jouer un rôle plus important comme facteurs limitant des cultures, que les teneurs en sodium.

Les horizons de surface ont fréquemment leur complexe adsorbant dégradé par l'ion Na^+ sur quelques centimètres d'épaisseur. La somme des bases échangeables atteint des valeurs doubles de celles des horizons profonds. L'augmentation de S est due à de plus fortes teneurs en Na et Mg. Mais contrairement aux horizons profonds, les pourcentages de sodium sont toujours supérieurs à ceux du magnésium. Il y a formation de la structure poudreuse.

n°	LIEU	pH	Complexe adsorbant méq %					Pourcentage de S			
			Ca	Mg	K	Na	S	Ca	Mg	K	Na
Ha 521	150 m d'un	4,1	1,66	-	1,43	4,16	-	-	-	-	-
522	marigot près	4,5	0,55	4,73	1,07	1,84	8,19	6,7	57,7	8,7	22,5
523	de la	4,0	< 0,30	2,46	0,25	0,39	3,40	8,8	72,3	7,3	17,9
524	CASAMANCE.	3,6	< 0,30	3,66	0,34	1,12	5,42	5,5	67,5	6,3	20,6
Ha 531	150 m du	4,1	0,25	-	1,16	2,79	-	-	-	-	-
532	profil	4,3	< 0,30	4,60	0,91	1,57	7,38	4,1	62,3	12,3	21,3
533	précédent	3,7	< 0,30	4,26	0,43	1,63	6,62	4,6	64,3	6,4	24,7
534	zone stérile	3,8	0,31	4,93	0,38	1,53	7,15	4,3	68,9	5,3	21,4
535		3,8	0,30	4,89	0,21	1,83	7,23	4,1	67,6	2,9	25,5
Ha 551	250 m du	4,6	< 0,30	0,93	0,32	0,37	1,92	15,6	48,4	16,8	19,2
552	profil	4,0	< 0,30	0,63	0,08	0,37	1,38	21,7	45,6	5,9	26,8
553	précédent	3,7	< 0,30	2,63	0,08	0,32	3,33	9,0	78,9	2,5	9,6
554	rizière (jachère)	3,7	< 0,30	0,93	0,08	0,15	1,36	22,0	68,3	5,8	3,9
Ha 571	mi - chemin	4,7	1,36	4,70	1,32	4,4	11,78	11,6	39,8	11,2	37,4
572	entre BONOU	4,5	0,55	5,82	0,94	2,7	10,01	5,4	58,3	9,4	26,9
573	et	4,2	0,32	5,84	0,59	2,14	8,89	3,5	65,6	6,8	24,1
574	MALIFARA	4,2	0,82	5,86	0,59	3,39	10,66	7,6	54,9	5,7	31,8
Ha 611	Face à	4,5	0,85	11,25	0,88	23,24	36,22	2,3	31,0	2,4	64,3
612	MARANCCUNDA	4,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
613	milieu de la	4,0	1,05	7,45	0,54	2,16	11,20	9,3	66,5	4,8	19,4
614	plaine.	3,8	1,05	7,03	0,40	1,79	10,27	10,2	68,4	3,8	17,6
615		3,8	0,81	5,86	0,23	0,60	6,96	11,6	84,1	3,3	1,0
Ha 641	à 400 m du	3,9	0,88	-	0,71	4,23	-	-	-	-	-
642	coteau	3,9	0,68	6,01	0,17	6,02	12,88	5,3	46,6	1,3	46,8
643	à gauche de	3,6	1,05	6,45	0,56	-	8,25	12,7	78,1	6,7	2,5
644	MARANCOUNDA	3,7	1,29	4,56	0,21	2,91	8,97	14,3	50,8	2,3	32,6
Ha 671	près du	4,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
672	marigot à	3,9	1,29	2,16	0,41	2,07	5,93	21,7	36,4	6,9	35,0
673	gauche de	3,6	1,38	3,64	0,67	3,12	8,81	15,6	41,3	7,6	35,5
674	MARANCOUNDA	3,5	1,10	4,61	0,50	3,49	9,70	11,3	47,5	5,1	36,1

Teneurs en bases échangeables des sols s'étendant des coteaux à la Casamance et d'ouest en aval.

Le dessalement naturel des sols provoque un lessivage intense des bases. Ce lessivage est lié à une augmentation sensible de l'acidité pH. S s'abaisse jusqu'à des valeurs très faibles (1 - 2 meq %). Mg^{++} est alors l'élément dominant et les pourcentages de Na^+ baissent fortement. A ce stade d'évolution, les sols sont chimiquement pauvres.

La facilité de lessivage des cations signale une faible dégradation du complexe adsorbant. Sauf sur des taches à fortes remontées, les teneurs en sodium échangeable dépassent rarement 5 meq % en surface. En profondeur, des teneurs de 2,5 à 4 meq % sont courantes. Cette dégradation relativement réduite du complexe adsorbant est liée à la forte acidité des sols. Cette dernière limite l'action toxique du sodium en maintenant l'assimilabilité de nombreux éléments pour les plantes, ce qui ne peut se réaliser à des pH plus élevés. Les acidités pH les plus courantes sont de l'ordre de pH 4,0, avec comme valeur maximum pH 4,7 et minimum pH 3,6.

Les horizons de surface ont toujours des pH plus élevés que les horizons profonds. On mesure un abaissement de 0,5 unité pH immédiatement en-dessous de l'horizon organique. Au voisinage de la nappe phréatique, le pH se relève de 0,1 à 0,2 unité en restant généralement inférieur à pH 4.

Ces valeurs sont liées :

- d'une part, à la libération d'acides organiques : évolution de la matière organique en milieu hydromorphe ;
- d'autre part, à la présence d'anions SO_4^{--} provenant de l'oxydation des sulfures en milieu désaturé.

Cette acidité résulte de l'évolution propre des sols, l'eau de mer ayant des pH supérieurs à 8.

.../...

En résumé, les sols étudiés sont des sols salins, d'origine marine. Les phénomènes de remontées par évaporation amènent en surface des concentrations de sels solubles (chlorures et sulfates de sodium et de magnésium). Ces derniers provoquent, généralement, la dégradation du complexe adsorbant sur 1 à 3 cm d'épaisseur, avec formation de la structure poudreuse caractéristique. Par taches, les remontées sont suffisamment intenses pour permettre la formation de sols à alcalis salés. Il n'a pas été reconnu de sols à alcalis non salés.

Les salinités élevées en surface sont imputables à l'évaporation dans les zones à écoulement superficiel des eaux ralenti. Elles s'observent en tête des exutoires et d'une façon générale aux endroits les plus éloignés des colatures de drainage naturel. Quand il y a stagnation des eaux d'imbibition, la salinité des sols devient considérable.

3. - Acide phosphorique

Les teneurs en acide phosphorique total sont fortes à moyennes, surtout en surface.

Teneurs en P_2O_5 total % dans les horizons de surface

<u>Plaine de MALIFARA</u>			<u>Plaine de MARANCOUNDA</u>		
Ha	521	1,8	Ha	601	0,7
Ha	531	1,3	Ha	611	0,5
Ha	551	2,2	Ha	631	0,5
Ha	571	2,7	Ha	641	0,6
Ha	581	2,2	Ha	661	0,65

L'abaissement est notable avec la profondeur. Les sols de la plaine de Malifara sont beaucoup plus riches (jusqu'à 5 fois plus de P_2O_5) que les sols de la plaine de Marancounda. Ces faits prouvent l'action d'enrichissement

extrêmement net de la végétation herbacée. Quand le dessalement des terres est suffisant (plaine de Malifara), le développement des peuplements herbacés (*Sporobolus robustus* surtout) provoque une concentration d'acide phosphorique dans les horizons de surface.

IV. - CONCLUSIONS AGRONOMIQUES

La vocation naturelle des plaines étudiées est la riziculture. Ce mode d'utilisation exige une maîtrise complète de l'eau (mise en eau, drainage, etc...). C'est un problème d'hydraulique et de prix de revient.

Du point de vue sol, les facteurs favorables à la mise en valeur, pour le riz, sont les suivants :

- texture argileuse,
- teneurs élevées en matière organique difficilement nitrifiable,
- teneurs moyennes à bonnes en acide phosphorique.

Les facteurs défavorables se résument comme suit :

- déficit en azote,
- salinité des terres,
- présence d'éléments toxiques SO_4^{--} et fer,
- forte acidité.

En fait, ces sols apparaissent très déséquilibrés. Les relations entre les teneurs en azote total et le pH signalent une fertilité médiocre à moyenne pour le riz. De même, malgré parfois de fortes teneurs en acide phosphorique, les relations avec les teneurs en azote indiquent des sols médiocrement pourvus, parfois même carencés (DABIN).

.../...

Cependant, l'étude de l'évolution des sols en voie de dessalement montre des améliorations extrêmement nettes mises à profit par les paysans casamançais.

Il est toujours possible de remédier aux déficits azotés par des apports d'engrais sous des formes variées. Le problème de l'utilisation des anciens sols de mangrove revient à traiter les problèmes de salure et d'acidification.

Théoriquement, le lessivage des sels solubles paraît assez facile. Il se réalise normalement en saison des pluies. Mais les bonifications acquises pendant ces périodes sont contrebalancées énergiquement en saison sèche par la concentration des sels solubles en surface. Le problème est donc d'empêcher ces remontées. Pour cela, deux solutions :

- rabattre la nappe. C'est un problème de drainage, mais qui est limité par le niveau d'étiage du fleuve tout proche. Le pompage doit être préconisé avec prudence, car il semble exister des communications entre l'eau salée du fleuve et la nappe phréatique. C'est un problème à étudier de plus près.
- empêcher l'évaporation. C'est une question d'irrigation en saison sèche. Mais où trouver de l'eau d'irrigation ? Peut être serait-il possible de pomper dans la Casamance en amont ? Une étude sur les variations de la salure le long du fleuve en cours d'année et suivant les marées apporterait des renseignements très utiles sur ce sujet.

De toute façon, dans un premier stade, il ne s'agit pas d'éliminer tous les sels solubles, mais d'amener leurs teneurs à un seuil compatible avec la mise en culture. Certaines terres très salées peuvent être

lessivées par des eaux encore salées mais à un taux qui permet l'élimination partielle des produits toxiques. Des expérimentations et des mises au point sur le terrain sont indispensables.

Pour remédier à l'acidification des sols à sulfures, deux voies sont possibles :

- empêcher l'oxydation. Cette solution est incompatible avec le cloisonnement et le drainage des rizières ;
- enrichir les sols en calcium - par l'apport d'amendements massifs.

Ces solutions empruntent aux méthodes mises au point par les Floupes, qui laissent pénétrer l'eau de mer sur leurs rizières en saison sèche et qui font des apports conséquents de coquilles d'huîtres grillées.

Les expériences menées en Sierra Leone, en sols de mangrove, montrent qu'un endiguement complet des zones salées, associé au pompage des eaux de recouvrement, est à déconseiller. Chaque fois que de tels aménagements ont été réalisés, il en a résulté une extension rapide des taches stériles, par concentration de sels toxiques en surface et acidification. Le principe des digues ouvertes trouve ici sa justification. La submersion par les eaux de mer limite la remontée des sels solubles, et donc la dégradation du complexe adsorbant. En saison des pluies, le lessivage de l'excès de sels toxiques est facilité. Il n'en est plus de même lorsque les sols salés se transforment en sols à alcalis. Les sols sont alors pratiquement inutilisables à toute culture

De telles méthodes ne sont cependant pas applicables sur les périmètres considérés, car les sols sont

.../...

exondés en saison sèche, et ils sont hors d'atteinte des plus fortes marées. Il semble donc que la solution la moins dangereuse serait de mettre en eau en saison sèche, par pompage dans la Casamance, en un point de salure minimum à préciser. Une faible salinité des eaux de lessivage n'est pas un obstacle à priori, si celle-ci est inférieure à la salinité des eaux d'imbibition.

En toute connaissance de cause, il faut favoriser l'évacuation rapide des eaux superficielles et limiter la stagnation dans les cuvettes sans exutoire, ce qui oblige à des observations précises au cours du retrait des eaux.

Le riz est assez tolérant au chlorure de sodium. Dans les sols, il peut supporter des teneurs en sels solubles de l'ordre de 3‰. Mais en Casamance, où le pédoclimat est particulièrement humide, cette limite peut être relevée à 5 ‰. Certaines variétés supportent même des salures de 8‰. Ces valeurs ne sont qu'indicatives, car il faut tenir compte surtout de la concentration en sels des solutions du sol, d'où l'intérêt d'un renouvellement rapide des eaux de lessivage.

De plus, les méthodes traditionnelles font appel au repiquage. Les plantes déjà développées sont moins sensibles à la salure des sols, car la période critique en riziculture sur sols halomorphes est la germination. MAYMARD signale que " les effets nuisibles de l'excès de sels solubles se traduit d'abord par un rôle direct sur la croissance des plantes; le principal facteur de dépression est l'augmentation de la pression osmotique de la solution du sol qui réduit le taux d'absorption d'eau par les racines; les ions ont aussi un effet spécifique : à pression osmotique égale, les chlorures paraissent généralement plus toxiques que les sulfates; le chlorure de

magnésium plus toxique que le chlorure de sodium.

La proportion des différents ions en présence a aussi son importance : les sels de potassium, de magnésium ou de calcium sont toxiques pour le riz lorsqu'ils sont utilisés séparément, mais lorsqu'ils sont mêlés en proportion convenable, l'effet toxique peut disparaître plus ou moins complètement".

En particulier, le potassium présent de façon naturelle dans l'eau d'irrigation ou qui y a été ajouté volontairement, représente un moyen efficace pour lutter contre l'excès de sodium (HEIMANN, 1958).

Ces problèmes d'équilibres ioniques sont à suivre également de très près, et plus particulièrement en saison des pluies quand les plaines sont submergées par les eaux douces.

En définitive, la mise en valeur des plaines alluviales de la Casamance, doit tenir compte surtout de l'évolution des sols salés en saison sèche. Il faut éviter, pour des raisons de revenus immédiats, de mettre en oeuvre des solutions qui risquent de provoquer une dégradation rapide des sols (acidification, évolution vers les sols à alcalis). Dans bien des cas, il est nécessaire de dessaler partiellement pendant quelques années les périmètres retenus, avant de commencer les cultures. Cette succession de travaux ne fait que copier celle suivie par les paysans casamançais. C'est une opération à longue échéance. Mais les possibilités en main-d'oeuvre justifient-elles l'extension des superficies ? Ce problème a été signalé en son temps. Il faut trouver des travailleurs ou accroître les rendements de chaque individu. En vulgarisation, une action engrais sur les rizières déjà aménagées paraît, dans l'immédiat, plus rentable, les terres étant

souvent épuisées par les façons de dessalement et les façons culturales. Un effort vers un enrichissement des sols en calcium et en azote est à conseiller. Il n'en reste pas moins vrai que la Casamance possède de grandes surfaces aménageables dont le recensement est indispensable si l'on veut dresser un plan de développement rationnel.

- NOTICE BIBLIOGRAPHIQUE -

=====

MAYMARD (J), Les Sols du Pseudo-Delta du Sénégal
Rapport ORSTOM n° 1108, 40 p.

MAIGNIEN (R), Evolution des Sols en Bas-Fond.
Etudes Pédologiques en Guinée Fr. Ann IFAC
n° 5, 1953.

Diagnosis and Improvement of Salin and Alkali
Soils U.S. Dep. Agri. 1954, Agri. Handbook
n°60.

DABIN (B), Les Facteurs de fertilité des sols des régions
tropicales en cultures irriguées. - ORSTOM
Adiopodoumé.

HEIMANN (H) Irrigation avec des eaux salines et équilibre
du milieu ionique. Madrid 1958.
6ème Congrès de l'Institut International de la
Potasse.

=====